

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06000190 A**(43) Date of publication of application: **11.01.94**

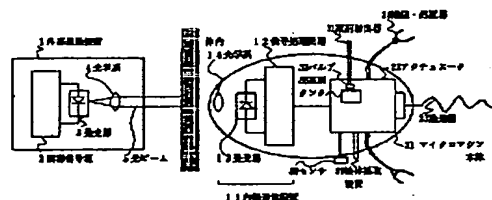
(51) Int. Cl.

**A61B 17/00****H04B 10/00****H04Q 9/00**(21) Application number: **04160765**(71) Applicant: **SHIMADZU CORP**(22) Date of filing: **19.06.92**(72) Inventor: **EMORI KOJI  
YOSHIKIYO HARUO****(54) MICROMACHINE COMMUNICATION EQUIPMENT****(57) Abstract:**

**PURPOSE:** To eliminate a wiring connecting directly to the outside by constituting a micromachine without using a cord, and also, to provide the communication equipment of the micromachine which secures a transmitting system free from radio interference and having high reliability, and moreover, to execute a duplex communication and a multiplex communication between the micromachine and an external equipment.

**CONSTITUTION:** The communication equipment for executing communication between a micromachine 21 and the outside constituted of an external communication equipment 1 installed in the outside of the micromachine 21 and an internal communication equipment 11 installed in the micromachine 21, and a visible light and a rear infrared light extending from 600nm to 180nm are used as a communication means between the communication equipments 1, 11.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&amp;Japio



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 6 - 1 9 0

(43) 公開日 平成 6 年 (1994) 1 月 1 1 日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
A61B 17/00	320	8718-4C		
H04B 10/00				
H04Q 9/00	311	V 7170-5K 8220-5K	H04B 9/00	A

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平 4 - 1 6 0 7 6 5  
(22) 出願日 平成 4 年 (1992) 6 月 1 9 日

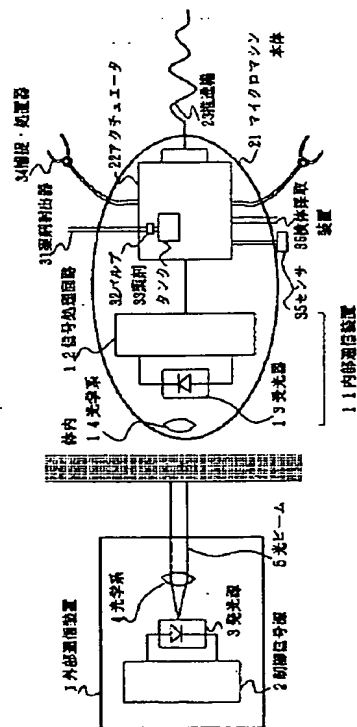
(71) 出願人 0 0 0 0 0 1 9 9 3  
株式会社島津製作所  
京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地  
(72) 発明者 江守 孝司  
東京都千代田区神田錦町 1 - 3 株式会社  
島津製作所東京支社内  
(72) 発明者 吉清 治夫  
東京都千代田区神田錦町 1 - 3 株式会社  
島津製作所東京支社内  
(74) 代理人 弁理士 塩野入 章夫

(54) 【発明の名称】 マイクロマシン通信装置

(57) 【要約】

【目的】 マイクロマシンをいわゆる紐なしとして、外部と直接接続している配線をなくすとともに、混信のない信頼性の高い送信系を確保したマイクロマシンの通信装置を提供する、また、マイクロマシンと外部装置との間において、双方向通信や多重化通信も可能とする。

【構成】 マイクロマシン 1 と外部との通信を行なう通信装置を、マイクロマシン 2 1 外に設置される外部通信装置 1 とマイクロマシン 2 1 内に設置される内部通信装置 1 1 によって構成し、前記通信装置 1、1 1 間の通信手段として 6 0 0 n m から 1 8 0 0 n m までの可視光及び近赤外光を使用するものである。



**【特許請求の範囲】**

**【請求項 1】** (a) マイクロマシン外に設置される外部通信装置と、(b) マイクロマシン内に設置される内部通信装置とからなり、(c) 前記通信装置間の通信手段として 600 nm から 1800 nm までの可視光及び近赤外光を使用することを特徴とするマイクロマシン通信装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【産業上の利用分野】** 本発明は、マイクロマシンに関するものであり、特に生体応用分野におけるマイクロマシンの通信装置に関するものである。

**【0002】**

**【従来の技術】** マイクロマシンの高度化に伴い、マイクロマシンを生体内部に導入して直接患部を処置する医療用マイクロロボットとしての応用研究が進められている。前記医療用マイクロロボットとしてマイクロマシンを駆動し制御するためには、マイクロマシンと外部との間で信号の授受を行なう通信手段が必要である。従来、前記通信手段として直接的な配線を用いる方法がとられている。配線として例えば、微細径の金属ワイヤーや基板上の平面状配線が使用され、該配線の一端をマイクロマシンに接続し、他の一端を外部通信装置に接続している。

**【0003】** 以下に、内視鏡を例として従来のマイクロマシンの説明を行う。図 3 は、従来のマイクロマシンを用いた内視鏡の使用図、図 4 は従来のマイクロマシンを用いた内視鏡の断面図、図 5 は従来のマイクロマシンを用いた内視鏡の構造図である。図において、60 は処置部、61 は内視鏡、62 はレーザー装置、63 は光源、64 はイメージファイバ表示装置、65 はリモートマニピュレータ、66 はレーザー用光ファイバ、67 はライトガイド、68 はイメージガイド、69 はマイクロマニピュレータ、70 はチューブ、71 はマイクロアクチュエータである。

**【0004】** 内視鏡 61 は、例えば 心筋梗塞などの治療に末梢動脈から挿入されて処置部 60 に到達し使用される。内視鏡 61 は、チューブ 70 内にレーザー用光ファイバ 66、ライトガイド 67、イメージガイド 68、及びマイクロマニピュレータ 69 を有し、その先端において外部に露出している。一方、内視鏡 61 の他端にはレーザー装置 62、光源 63、イメージファイバ表示装置 64 及びリモートマニピュレータ 65 が設置され、それぞれレーザー装置 62 にはレーザー用光ファイバ 66 が接続され、光源 63 にはライトガイド 67 が接続され、イメージファイバ表示装置 64 にはイメージガイド 68 が接続され、またリモートマニピュレータ 65 にはマイクロマニピュレータ 69 が接続されている。

**【0005】** 前記構成の内視鏡において、光源 63 からの照明光はライトガイド 67 を介して処置部 60 を照ら

し、その像はイメージガイド 68 を介してイメージファイバ表示装置 64 に画像として映し出される。治療に際しては、前記イメージファイバ表示装置 64 の画像を見ながら、レーザー装置 62 から送られるレーザー光をレーザー用光ファイバ 66 を介して処置部 60 に照射したり、また、リモートマニピュレータ 65 を操作し、配線やリンク機構を介してマイクロマニピュレータ 69 を駆動するものである。

**【0006】** また、前記チューブ 70 を血管内などの狭い場所において操作するために、チューブ 70 自体にマイクロアクチュエータ 71 が取り付けられ、外部装置から配線を介して制御信号やリンク機構を介して制御及び駆動が行われる。したがって、従来のマイクロマシンを用いた内視鏡においては、マイクロマシンの操作及び駆動のための制御信号の授受は、外部と接続されたリンク機構や微細径の金属ワイヤーや基板上の平面状配線による信号用配線によって行なわれている。また、マイクロマシンからの測定信号の外部への取り出しも、外部と接続された微細径の金属ワイヤーや基板上の平面状配線による信号用配線によって行なわれている。

**【0007】**

**【発明が解決しようとする課題】** しかしながら、前記の従来の前記マイクロマシンにおいては、以下の問題点を有している。

(1) 前記従来のマイクロマシンにおいては、その駆動されるマイクロマシンの動作可能な範囲は配線によって制限を受ける。

**【0008】** つまり、従来のマイクロマシンは制御用あるいは測定用に用いる配線によって直接外部の装置と接続されているため、マイクロマシンの到達距離や到達可能位置は配線の長さや配線の経路によって制限される。例えば、内視鏡などはチューブ内の配線によって通信を行っているため、先端部の動くことのできる範囲はチューブが導入できる範囲までである。

(2) また、多機能のマイクロマシンを駆動するためには各機能に対応して多数の信号配線やリンク機構が必要となり、機構が複雑となる。

(3) また、いわゆる紐なしが基本の構成である様なマイクロマシンにおいては、外部と直接接続している配線の排斥とともに計測系とのフィードバックの確保は必須の要件である。

**【0009】** 例えば、埋め込み治療器や、消化管やその他の管腔臓器内において測定、診断、治療を行なう体外用マイクロマシンピルや組織内、血管内、体腔内に留置して体内の情報を伝送し治療を行なう体内用マイクロマシンピル等、比較的長期間停留させてデータを測定するマイクロマシンにおいては、外部と直接接続している配線は排斥しなければならないが、計測系とのフィードバックのために送信系は不可欠なものである。

(4) また、マイクロマシンの制御用あるいは測定用信

10

20

30

40

50

号の伝送として電波による無線方式を用いる場合には、混信による誤動作を起こす恐れがある。

【0010】つまり、前記(1)の配線によるマイクロマシンの動作可能範囲の制約を排除する手段として一般に電波による無線方式が考えられる。しかし、電波の場合、混信による誤動作の問題が生じる。医療用機器などの重要な応用分野において誤動作は許されない。本発明は上記の問題点を除去し、マイクロマシンをいわゆる紐なしとして、外部と直接接続している配線をなくすとともに、混信のない信頼性の高い送信系を確保したマイクロマシンの通信装置を提供することを目的とする。

【0011】また、マイクロマシンと外部装置との間において、双方向通信や多重化通信も可能とするマイクロマシンの通信装置を提供することを目的とする。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の問題点を克服するために、マイクロマシンと外部との通信を行なう通信装置を、マイクロマシン外に設置される外部通信装置とマイクロマシン内に設置される内部通信装置とによって構成し、前記通信装置間の通信手段として600nmから1800nmまでの可視光及び近赤外光を使用するものである。

【0013】発光源としては、例えばGaAs系やInP系の化合物半導体を利用したレーザーダイオード(LED)や発光ダイオード(LED)を用いることができ、また受光器にはSiやInGaAsなどを用いたフォトダイオードを用いることができる。

#### 【0014】

【作用】本発明によれば、マイクロマシンと外部との通信を行なう通信装置の通信手段として可視光あるいは近赤外光を用いた光通信を使用するので、従来のように配線を必要としない。また、発光源として異なる波長の光を使用し、受光器の感度特性を波長によって異なるものを用いることによって、電波による通信で問題となる混信の問題を容易に除去することができる。

#### 【0015】

【実施例】以下、本発明の実施例について図を参照しながら詳細に説明する。図1は本発明のマイクロマシン通信装置の構成図である。図1において、1は外部通信装置、2は制御信号源、3は発光源、4は光学系、5は光ビーム、11は内部通信装置、12は信号処理回路、13は受光器、14は光学系、21はマイクロマシン本体、22はアクチュエータ、23は推進機、31は薬剤射出器、32はバルブ、33は薬剤タンク、34は捕捉・処置器、35はセンサ、36は検体採取装置である。

【0016】本発明のマイクロマシン通信機は、外部通信装置1と内部通信装置11とによって構成される。外部通信装置1は体外に置かれるものであり、制御信号源2によって発光の制御がされる発光源3からの光を光学系4を介して光ビーム5として、体内のマイクロマシン

本体21に向けて照射される。したがって、制御信号は光を媒体として伝送される。

【0017】一方、内部通信装置11はマイクロマシン本体21内に設置されるものであり、外部通信装置1から照射される光ビーム5を光学系14及び受光器13によって受光し、該受光信号を信号処理回路12において電気信号に変換するものである。そして、前記内部通信装置11の信号処理回路12からの信号は、マイクロマシン本体21の制御を行なう。

【0018】マイクロマシン本体21は、前記内部通信装置11の他に例えば以下のような医療機器としての構成を有している。マイクロマシン本体21の移動はアクチュエータ22によって駆動される推進機23によって行なわれる。推進機23としては、例えば鞭毛モータなどによって構成される。また、アクチュエータ22からは薬剤射出器31がマイクロマシン本体21の外部にその先端部を突出させ、薬剤タンク33に備蓄しておいた薬剤を射出する。該薬剤の射出の制御はバルブ32によって行なわれ、局所的な薬剤の投薬が可能である。アクチュエータ22からは捕捉・処置器34がマイクロマシン本体21の外部に突出しており、患部などにおいて捕捉や各種の処置を行なうことができる。また、アクチュエータ22からはセンサ35がマイクロマシン本体21から外部に向けて設置され、各種の計測を行なうことができる。該計測項目としては、例えば、温度、圧力、pH、出血部位の検出、酵素活性度、酸素分圧、炭酸ガス分圧、塩素イオン等がある。

【0019】また、アクチュエータ22には検体採取装置36が設置され、マイクロマシン本体21から外部に向けて突出しており、各部位における検体を採取することができる。該検体はマイクロマシン本体21内部において分析したり、体外に取り出すことができる。前記、マイクロマシン21の各種の機能は、内部通信装置11によって受信した制御信号によって制御される。

【0020】本発明のマイクロマシン通信装置においては、電波による無線手段に代わる光通信手段として波長が600nmから1800nmの可視光及び近赤外光を用いる。一般に、生体内部を透過しやすい近赤外光の波長範囲は通常700nmから1500nmであることが知られている。また、長波長側の波長においてはその減衰は漸減の傾向があり、また、水分による吸収損失の波長特性や発光源及び受光素子の特性等を考慮すると、通信に使用可能な波長の範囲は600nmから1800nmとすることができる。

【0021】前記発光源として、GaAs系やInP系の化合物半導体を利用したレーザーダイオード(LED)や発光ダイオード(LED)を用いることができる。一方、受光器にはSiやInGaAsなどを用いたフォトダイオードを用いることができる。つぎに、生体内における光の透過状態を説明する。

【0022】図2は本発明のマイクロマシン通信装置の透過概念図である。図において、1は外部通信装置、11は内部通信装置、21はマイクロマシン本体、41は生体の外壁、42は生体の内壁である。外部通信装置1から発せられた光は、生体の外壁41を透過し生体内部にあるマイクロマシン本体21の内部通信装置11によって受信される。

【0023】生体内部に1回の透過によって生体組織内を貫通するのではなく、生体内部において内壁42及び対向外壁43によって反射を繰り返して多重反射の後内部通信装置11に到達する。この内部反射は最大4回程度行なわれる。したがって、受信信号が多重反射による多重干渉によって誤りが生じないように、信号速度に制限を加える必要がある。例えば、人の頭部の場合においては、インパルス応答時間は約10nsとなるため、デジタル信号系の場合信号速度は概略50Mbpsオーダが上限となる。この信号速度は通常の通信容量としては充分な速度であって、実用に支障はない速度である。

【0024】前記本発明のマイクロマシン通信装置の実施例においては、マイクロマシン側の内部通信装置11は受信のみを行なう片側通信の例を示したが、次に双方向通信及び多重通信の実施例について説明する。始めに、双方向通信の実施例について説明する。図6は本発明のマイクロマシン通信装置の第2の実施例の双方向通信の概念図である。

【0025】図において、6は外部通信装置、16は内部通信装置、21はマイクロマシン本体、81は発光器、82は受光器、91は発光器、82は受光器である。外部通信装置6は発光器81と受光器82とを有し、一方内部通信装置16は発光器91と受光器92とを有している。発光器81は制御信号の制御に応じて光信号を発射し、受光器92によって受信される。受光器92で受信した信号は信号処理された後、マイクロマシン本体21の制御やマイクロマシン本体21に設けられた各種の装置の制御を行なう。

【0026】一方、マイクロマシン本体21の状態信号やマイクロマシン本体21に設けられた各種の装置の計測信号は、発光器91から光信号の形態によって体外の外部通信装置11に向けて送信され受光器82によって受信される。前記構成によって、外部通信装置とマイクロマシン側の内部通信装置との間での双方向通信を行なうことができる。

【0027】前記の双方向通信において、外部通信装置6の発光器81と内部通信装置16の受光器92との間において使用する光の波長と、内部通信装置16の発光器91と外部通信装置6の受光器82との間において使用する光の波長とを異ならせることによって、双方の通信の混信を防止することができる。次に、多重通信の実施例について説明する。

【0028】図7は本発明のマイクロマシン通信装置の

第3の実施例の多重通信の概念図である。図において、7は外部通信装置、17は内部通信装置、21はマイクロマシン本体、80は制御信号源、81、83、…8mは発光器、90は信号処理回路、92、94、…9nは受光器である。

【0029】外部通信装置7は制御信号源80と制御信号源80からの送信信号によって発光する発光器81、83、…8mを有し、一方内部通信装置16は前記発光器81、83、…8mからの光信号を受信する受光器92、94、…9nと信号処理回路90とを有している。発光器81、83、…8mによって発光される光の波長をそれぞれ異ならせることによって混信を防止することができる。発光器81、83、…8mを構成する発光素子の発光特性を異ならせることによって、発光光の波長を異ならせることができる。

【0030】例えば、600nm～700nm帯波長の光を出すAlGaAs、GaAsP及びGaP発光ダイオードや、800nm帯波長の光を出すAlGaAs発光ダイオードや、1000nm帯波長の光を出すInGaAsP発光ダイオード等を用いることができ、630nm、780nm、850nm、880nm、1300nm、及び1550nm等の波長は既存の発光源から使用可能な波長区分とすることができる。

【0031】一方、受光器92、94、…9nの受光感度はそれぞれ異ならせており、例えば、受光器92の受光感度は発光器81が発光する光の波長を受けるのに適した感度とし、また受光器94の受光感度は発光器83が発光する光の波長を受けるのに適した感度とし、同様に受光器9nの受光感度は発光器8mが発光する光の波長を受けるのに適した感度としている。

【0032】前記発光器と受光器の構成によって、伝送光の混信を防止することができる。つまり、発光器81からの発光光は体内を透過してマイクロマシン側の受光器92、94、…9nに到達するが、前記発光器81からの発光光を受光することのできるのは受光感度から受光器92だけである。同様に、発光器83からの発光光を受光することのできるのは受光器94だけであり、発光器8mからの発光光を受光することのできるのは受光器9nだけである。他の受光器は、受光感度から一種のフィルタによって受光を行なうことができず、混信を防止することができる。

【0033】以下に、本発明のマイクロマシン通信装置の多重通信の場合の波長の選別について説明する。図8及び図9は本発明のマイクロマシン通信装置の波長特性図である。図8の(a)は外部送信装置7から発せられる伝送光のスペクトルである。図では、例として800nm帯の波長と1300nm帯の波長の2つを示している。発光器81及び発光器83から800nm帯の波長と1300nm帯の波長が発光されると、前記2つの波長は受光器92に到達する。ここで、受光器92の受光

感度を例えば図8の(b)に示すようなSiの受光感度とすると、受光器92において受信する波長は図8の(c)に示すように800nm帯の波長とすることができ

【0034】一方、図9は1300nm帯の波長を受光する場合である。図9の(a)は図8の(a)と同様に800nm帯の波長と1300nm帯の波長の2つを送信する外部送信装置7から発せられる伝送光のスペクトルである。発光器81及び発光器83から800nm帯の波長と1300nm帯の波長が発光されると、前記2つの波長は受光器94に到達する。ここで、受光器94の受光感度を例えば図9の(b)に示すようなInGaAsの受光感度とすると、受光器94において受信することのできる波長を1300nm帯の波長とすることができる。

【0035】前記のように、受光器の受光感度を異ならせることによって、異なる波長の光信号が同時にマイクロマシン通信装置に到達しても、分離して選別することができる。また、場合によっては、波長選択性のフィルタを使用することによって波長の分離及び選択を行い、波長の分離選択特性を向上させることもできる。例えば、図7に示すように受光器9nの前面にフィルタ100を配置することによって実現することができる。

【0036】前記の多重通信によってマイクロマシンの有する各種の機能を制御を行なうことができる。前記多重通信の実施例においては、片方向通信について説明したが、双方通信とすることも可能である。この場合には、マイクロマシン側からの各種の状態信号や計測信号を外部通信装置に伝送することも可能である。

【0037】図10は外部通信装置の発信部の他の実施例である。図において、1は外部通信装置、8は光ファイバコード、9は放射器である。この実施例においては、発信部の導光部の一部に光ファイバコード8を用い、光ファイバコード8の先端に設置された放射器9から送信光を照射するものである。

【0038】前記構成によって、外部通信装置1から照射される光の方向の制御を容易とすることができる。つまり、放射器9からの光ビーム5の方向を、体内のマイクロマシン本体21の位置及びマイクロマシンの内部通信装置11の受光系14の方向に応じて調整することができる。前記照射光の方向の適正の評価は、例えばマイクロマシンから送信される信号の強度を測定することによって可能である。

【0039】なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づき種々の変形が可能であり、それらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0040】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、(1) マイクロマシンの動作可能な範囲は配線によって制約を受けず、動作位置及び動作距離を向上させることができる。

(2) また、混信の恐れのない多重通信によって、多機能のマイクロマシンの駆動を多数の信号配線や複雑なリンク機構を用いることなくおこなうことができる。

(3) 外部と直接接続している配線の排斥するとともに計測系とのフィードバックの確保を行なうことができる。

(4) 混信による誤動作を起こすことなく、マイクロマシンの制御用あるいは測定用信号を伝送することができる。信頼性の高い送信系を確保することができる。

(5) マイクロマシンと外部装置との間において、双方向通信や多重化通信を可能とすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のマイクロマシン通信装置の構成図である。

【図2】本発明のマイクロマシン通信装置の透過概念図である。

【図3】従来のマイクロマシンを用いた内視鏡の使用図である。

【図4】従来のマイクロマシンを用いた内視鏡の断面図である。

【図5】従来のマイクロマシンを用いた内視鏡の構造図である。

【図6】本発明のマイクロマシン通信装置の第2の実施例の双方向通信の概念図である。

【図7】本発明のマイクロマシン通信装置の第3の実施例の多重通信の概念図である。

【図8】本発明のマイクロマシン通信装置の波長特性図である。

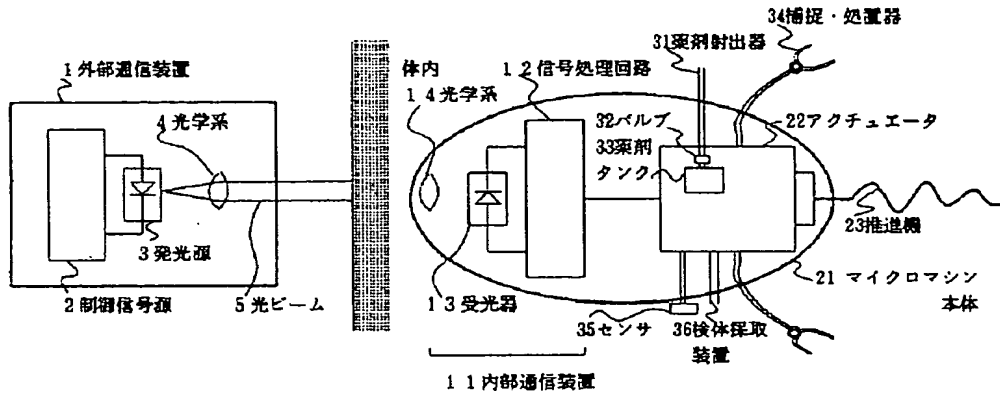
【図9】本発明のマイクロマシン通信装置の波長特性図である。

【図10】本発明の外部通信装置の発信部の他の実施例である。

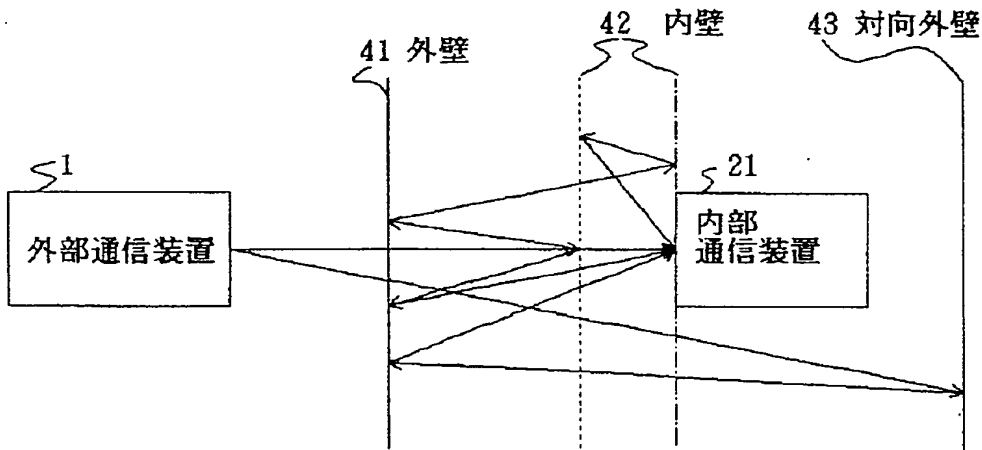
#### 【符号の説明】

1, 6, 7…外部通信装置、2, 80…制御信号源、3…発光源、4…光学系、5…光ビーム、8…光ファイバコード、9…放射器、11, 16, 17…内部通信装置、12, 90…信号処理回路、13…受光器、14…光学系、21…マイクロマシン本体、22…アクチュエータ、23…推進機、31…薬剤射出器、32…バルブ、33…薬剤タンク、34…捕捉・処置器、35…センサ、36…検体採取装置、41…生体の外壁、42…生体の内壁、81, 83, 8m, 91…発光器、82, 92, 94, 9n…受光器、100…フィルタ

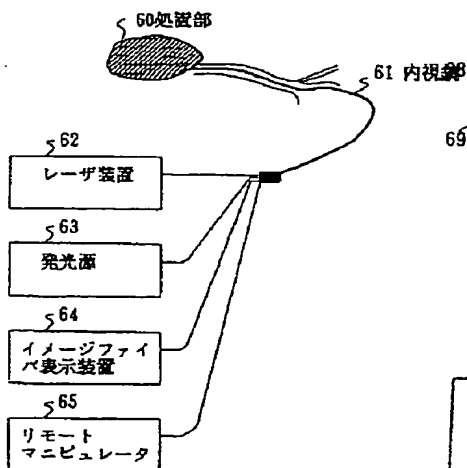
【図1】



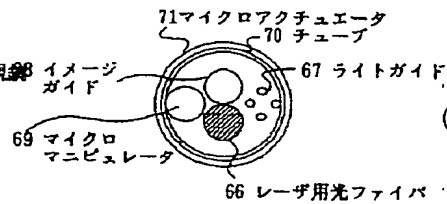
【図2】



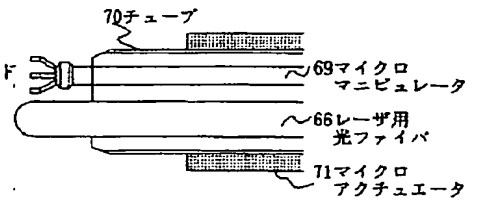
【図3】



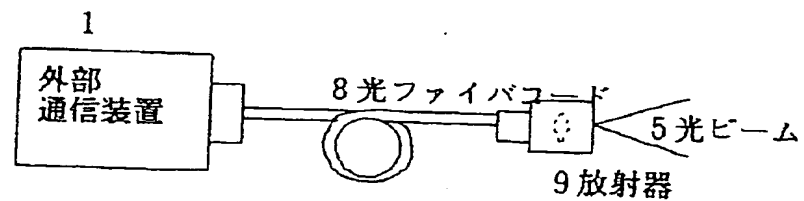
【図4】



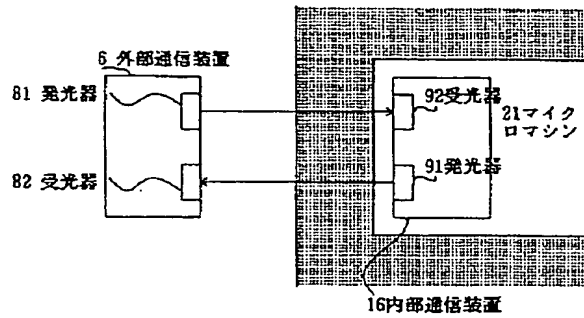
【図5】



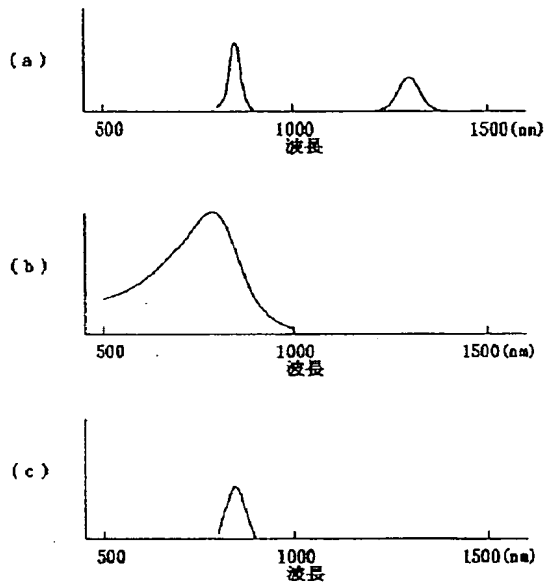
【図10】



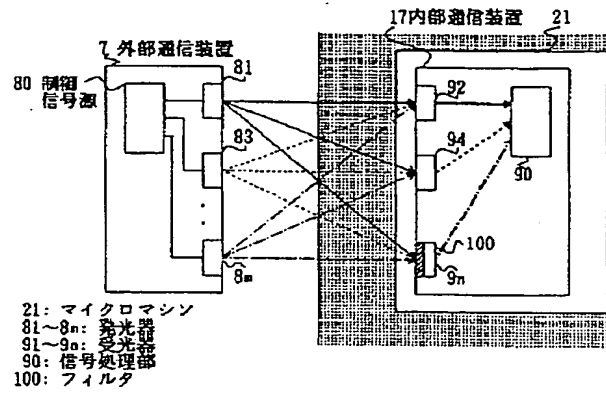
【図6】



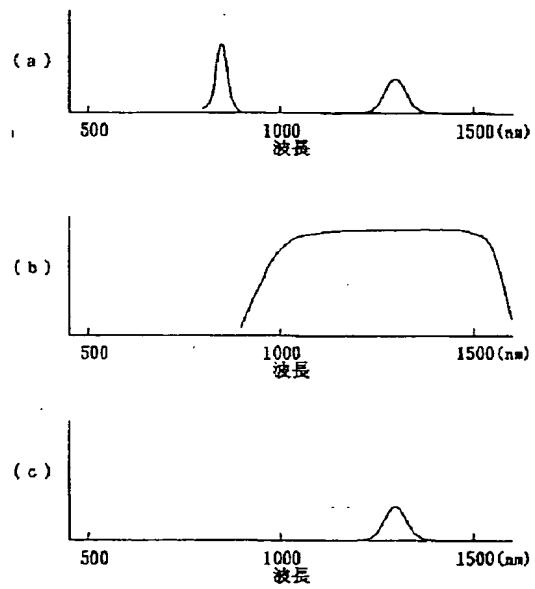
【図8】



【図7】



【図9】





# **JAPANESE PATENT APPLICATION, FIRST PUBLICATION No. HEI 6-190**

**Int. Cl.<sup>5</sup>: A61B 17/00  
H04B 10/00  
H04Q 9/00**

**Publication Date: January 11, 1994**

---

<b>APPLICATION NO.:</b>	<b>Hei 4-160765</b>
<b>FILING DATE:</b>	<b>June 19, 1992</b>
<b>APPLICANT:</b>	<b>KK Shimazu Seisakusho</b>
<b>INVENTORS:</b>	<b>Koji EMORI and Haruo YOSHIKIYO</b>

---

**TITLE: Micromachine Communication Device**

## **ABSTRACT**

**[Object]** To offer a micromachine communication device which makes micromachines wireless, so as to eliminate wires directly connected to external devices, and reserves a highly reliable communication system without mixed signals; and to enable bidirectional communication or multiplexed communication between a micromachine and an external device.

**[Structure]** A communication device for performing communication between a micromachine 1 and external equipment comprises an external communication device 1 provided outside the micromachine 21 and an internal communication device provided inside the micromachine, with visible and near infrared light of 600 nm to 1800 nm being used as communication means between said communication devices 1, 11.

---

## CLAIM

1. A micromachine communication device characterized by comprising (a) an external communication device provided outside the micromachine, and (b) an internal communication device provided inside the micromachine, wherein (c) visible and near infrared light of 600 nm to 1800 nm is used as communication means between said communication devices.

## DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

### Field of Industrial Application

The present invention relates to micromachines, particularly to communication devices for micromachines in the field of biological application.

### Prior Art

In parallel with the advances in micromachines, research has been advanced toward applications as medical microrobots where micromachines are introduced into a living body to treat an affected area directly. In order to drive micromachines as the aforementioned medical microrobots, communication means are required for exchanging signals between the micromachines and external equipment. Conventionally, methods have been taken wherein direct wiring has been used as the above-mentioned communication means. For example, microdiameter metallic wires or planar wiring on substrates have been used for wiring, one end of the wire being connected to a micromachine and the other end being connected to the external communication device.

Herebelow, a conventional micromachine shall be explained taking an endoscope as an example. Fig. 3 is a use diagram for an endoscope using a conventional micromachine, Fig. 4 is a section view of an endoscope using a conventional micromachine and Fig. 5 is a structural diagram of an endoscope using a conventional micromachine. In the drawings, reference number 60 denotes an area to be treated, 61 denotes an endoscope, 62 denotes a laser device, 63 denotes a light source, 64 denotes an image fiber display device, 65 denotes a remote manipulator, 66 denotes a laser optical fiber, 67 denotes a light guide, 68 denotes an image guide, 69 denotes a micromanipulator, 70 denotes a tube and 71 denotes a microactuator.

An endoscope 61 can be used, for example, in the treatment of myocardial infarction by inserting through a peripheral artery to reach the portion to be treated 60 for use there. The endoscope 61 comprises a laser optical fiber 66, a light guide 67, an image guide 68

---

and a micromanipulator 67 inside a tube 70, which are externally exposed at the tip thereof. On the other hand, a laser device 62, a light source 63, an image fiber display device 64 and a remote manipulator 65 are provided at the other end of the endoscope 61. The laser optical fiber 66 is connected to the laser device 62, the light guide 67 is connected to the light source 63, the image guide 68 is connected to the image fiber display device 64 and the micromanipulator 69 is connected to the remote manipulator 65.

In the endoscope having the above-described structure, illumination light from the light source 63 passes through the light guide 67 to illuminate the area to be treated 60, and the resulting image is passed through the image guide 68 and reproduced as an image at the image fiber display device 64. During the treatment, a laser beam from the laser device 62 is passed through the laser optical fiber 66 to irradiate the area to be treated 60, and the remote manipulator 65 is operated to drive the micromanipulator 69 via the wiring and a link mechanism, while the image on the above-mentioned image fiber display device 64 is watched.

Additionally, in order to operate the above-mentioned tube 70 in a tight space such as inside a blood vessel, a microactuator 71 is attached to the tube 70 itself, and control and operation are performed via a link mechanism or by control signals via wiring from the external device. Therefore, with an endoscope using conventional micromachines, the exchange of control signals for operating and driving the micromachine is performed by means of link mechanisms or signal wires such as microdiameter metallic wires or planar wiring on substrates which are connected with external equipment. Additionally, the extraction of measurement signals from the micromachines to the external devices is also performed by means of signal wires such as microdiameter metallic wires or planar wiring on substrates which are connected with external equipment.

### **Problems to be Solved by the Invention**

However, the above-described conventional micromachines have the following problems.

(1) In the above-mentioned conventional micromachines, the range of possible activity of the micromachines which are driven is restricted by the wiring.

That is, since conventional micromachines are directly connected with external devices by means of wiring used for control or measurement, the reachable distances or reachable positions of the micromachines are restricted by the length of the wires or the path of the wires. For example, since endoscopes and the like communicate by means of wires inside tubes, the range of possible movement of the tip portion is limited to the range capable of being incorporated by the tube.

---

(2) Additionally, a multitude of signal wires or link mechanisms is required in correspondence with each function in order to drive multi-function micromachines, thus making the equipment complex.

(3) Additionally, in micromachines having a basic structure which is what is known as wireless, the disposal of wires directly connected with external equipment together with the retention of feedback with a measurement system are absolute necessities.

For example, in micromachines which are left for relatively long periods of time to measure data, such as implanted therapeutic devices, extracorporeal micromachine pills for performing measurements, diagnoses and treatment in the digestive tract or other organs, or intracorporeal micromachine pills which are left in the tissue, blood vessels or bodily cavities to transmit physiological information and perform treatments, the wires which are directly connected with external equipment must be eliminated, but a transmission system is indispensable for feedback to the measurement system.

(4) Additionally, when a radio format due to electromagnetic waves is used for transmission of control or measurement signals of micromachines, there is a risk of misoperation due to mixed signals.

That is, a radio format using electromagnetic waves can be considered as a means for eliminating the restrictions in the range of possible activity of the micromachines due to wiring described in paragraph (1). However, in the case of electromagnetic waves, there is the problem of misoperation due to mixed signals. Misoperation cannot be allowed in important fields of application such as medical devices. The present invention has the object of offering a micromachine communication device which eliminates the above-mentioned problems, makes micromachines wireless, so as to eliminate wires which are directly connected to external equipment, but retain a highly reliable transmission system which does not have mixed signals.

Additionally, it has the object of offering a micromachine communication device which allows bidirectional communication and multiplexed communication between a micromachine and an external device.

### **Means for Solving the Problems**

In order to overcome the above-mentioned problems, the present invention has a communication device for performing communications between a micromachine and external equipment comprising an external communication device provided outside the micromachine and an internal communication device provided inside the micromachine, wherein visible and near infrared light of 600 to 1800 nm is used as communication means between the communication devices.

---

As a light source, it is possible to use a laser diode (LD) containing semiconductors with a GaAs type or InP type compound, or a light-emitting diode (LED), and in the light receiver it is possible to use a photodiode containing Si or InGaAs.

### Functions

According to the present invention, optical communications using visible light or near infrared light is used as the communication means of the communication devices for performing communications between the micromachine and the external device, so that there is no need for wiring as in conventional devices. Additionally, by using light sources which emit light of different wavelengths and using light receivers with sensitivity characteristics which vary according to wavelength, it is possible to easily eliminate the problem of mixed signals which is a problem in communications by electromagnetic waves.

### Embodiments

Herebelow, embodiments of the present invention shall be explained in detail with reference to the drawings. Fig. 1 is a structural diagram of a micromachine communication device of the present invention. In Fig. 1, reference numeral 1 denotes an external communication device, 2 denotes a control signal source, 3 denotes a light source, 4 denotes an optical system, 5 denotes a light beam, 11 denotes an internal communication device, 12 denotes a signal processing circuit, 13 denotes a light receiver, 14 denotes an optical system, 21 denotes a micromachine body, 22 denotes an actuator, 23 denotes a propulsion device, 31 denotes a medication ejector, 32 denotes a valve, 33 denotes a medication tank, 34 denotes a capturing/treatment device, 35 denotes a sensor and 36 denotes a sample taking device.

The micromachine communication device of the present invention comprises an external communication device 1 and an internal communication device 11. The external communication device 1 is placed outside the body, and illuminates the micromachine body 21 inside the body with the light from the light source 3 as a light beam 5 via the optical system 4, the emission of light being controlled by a control signal source 2. Consequently, the control signal is transmitted through the medium of light.

On the other hand, the internal communication device 11 is provided inside the micromachine body 21, receives a light beam 5 emitted by the external communication device 1 by means of an optical system 14 and a light receiver 13, and converts the received light signal into an electrical signal in the signal processing circuit 12. Then, the signal from the signal processing circuit 12 of the above-mentioned internal communication device 11 controls the micromachine body 21.

---

Aside from the above-mentioned internal communication device 11, the micromachine 21 has the following structure as a medical device. The movement of the micromachine body 21 is performed by a propulsion device 23 driven by the actuator 22. The propulsion device 23 can, for example, comprise a flagellar motor or the like. Additionally, the tip of a medication ejector 31 projects from the actuator 23 out of the micromachine body 21, and ejects medication stored in a medication tank 33. The ejection of medication is controlled by a valve 32, which allows local delivery of medication. A capture/treatment device 34 projects from the actuator 22 out of the micromachine body 21, and captures affected areas or performed various treatments. Additionally, a sensor is provided from the actuator 22 facing outward from the micromachine body 21, and is capable of performing various measurements. As examples of categories of measurement, there are temperature, pressure, pH, detection of bleeding areas, oxygen activity, oxygen partial pressure, carbon dioxide partial pressure, chlorine ions and the like.

Additionally, a sample taking device 36 is provided in the actuator 22, projecting outward from the micromachine body 21, capable of taking specimens of various parts of the body. The specimens can be analyzed inside the micromachine body 21, or extracted from the body. The various functions of the micromachine 21 mentioned above are controlled by control signals received by the internal communication device 11.

In the micromachine communication device of the present invention, visible light and near infrared light having a wavelength of from 600 nm to 1800 nm is used as optical communication means to replace radio means due to electromagnetic waves. In general, it is known that the range of near infrared light which is capable of passing through the body is from 700 nm to 1800 nm. Additionally, when considering that the attenuation tends to decrease gradually towards longer wavelengths, and the wavelength characteristics of loss due to absorption by water or the characteristics of the light source and light receiving elements, the range of wavelengths capable of being used for communications can be set at 600 nm to 1800 nm.

As the above-mentioned light source, it is possible to use light-emitting diodes (LED) or laser diodes (LD) using semiconductors containing GaAs type or INP type compounds. On the other hand, it is possible to use a photodiode containing Si or InGaAs as the light receiver. Next, the transmissivity of light in the body shall be explained.

Fig. 2 is a schematic diagram showing the transmission for the micromachine communication device of the present invention. In the drawing, reference numeral 1 denotes an external communication device, 11 denotes an internal communication device, 21 denotes a micromachine body, 41 denotes an outer wall of an organism and 42 denotes an inner wall of an organism. The light emitted by the external

---

communication device 1 passes through the outer wall 41 of the organism and is received by an internal communication device 11 of the micromachine body 21 inside the organism.

It does not pass through the organic tissue into the inside of the body only once, but only reaches the internal communication device 11 after repeated reflections at the inner wall 42 and the opposing outer wall 43 inside the body. This internal reflection occurs a maximum number of about 4 times. Therefore, there is a need to restrict the signal speed so as not to generate errors in the received signal by interference due to the multiple reflections. For example, in the case of the human head, the impulse response time will be approximately 10 ns, which gives an upper limit for the signal speed of roughly 50 Mbps in the case of a digital signal system. This signal speed is sufficiently fast for normal communication purposes, and does not present any problems in actual practice.

While an example of unilateral communication in which only the internal communication device 11 on the micromachine side receives signals was explained for the above-described embodiment of the micromachine communication device of the present invention, embodiments with bidirectional communication and multiplexed communication shall be explained next. First, an embodiment with bidirectional communication shall be explained. Fig. 6 is a schematic diagram of a second embodiment of the micromachine communication device of the present invention with bidirectional communication.

In the drawing, reference numeral 6 denotes an external communication device, 16 denotes an internal communication device, 21 denotes a micromachine body, 81 denotes a light emitting device, 82 denotes a light receiving device, 91 denotes a light emitting device and 92 denotes a light receiving device. The external communication device 6 has a light emitting device 81 and a light receiving device 82, while on the other hand, the internal communication device 16 has a light emitting device 91 and a light receiving device 92. The light emitting device 81 emits a light signal in response to control by a control signal, and the light signal is received by the light receiving device 92. The signal received by the light receiving device 92 is signal-processed, to perform control of the micromachine body 21 or control the various devices provided in the micromachine body 21.

On the other hand, state signals of the micromachine body 21 and measurement signals from the various devices provided in the micromachine body 21 are sent to the external communication device 11 outside the body in the form of light signals from the light emitting device 91, which are received by the light receiving device 82. Due to the above-described structure, it is possible to perform bidirectional communication between the external communication device and the internal communication device on the micromachine side.

---

In the above-described bidirectional communication, it is possible to prevent mixing of the communications going in either direction by making the wavelength of light used between the light emitting device 81 of the external communication device 6 and the light receiving device 92 of the internal communication device 16 different from the wavelength of light used between the light emitting device 91 of the internal communication device 16 and the light receiving device 82 of the external communication device 6. Next, an embodiment with multiplexed communications shall be explained.

Fig. 7 is a schematic diagram of multiplexed communications according to a third embodiment of the micromachine communication device of the present invention. In the drawing, reference numeral 7 denotes an external communication device, 17 denotes an internal communication device, 21 denotes a micromachine body, 80 denotes a control signal source, 81, 83, . . . , 8m denote light emitting devices, 90 denotes a signal processing circuit, and 92, 94, . . . , 9n denote light receiving devices.

The external communication device 7 comprises a control signal source 80 and light emitting devices 81, 83, . . . , 8m for emitting light in accordance with a transmitted signal from the control signal source 80, while the internal communication device 16 comprises a signal processing circuit 90 and light receiving devices 92, 94, . . . , 9n for receiving light signals from the light emitting devices 81, 83, . . . , 8m. Signal mixing is prevented by making the light emitted from the light emitting devices 81, 83, . . . , 8m respectively different. The wavelengths of the emitted light can be made different by making the light emitting characteristics of the light emitting elements composing the light emitting devices 81, 83, . . . , 8m different.

For example, it is possible to use AlGaAs, GaAsP and GaP light emitting diodes which emit light of wavelengths in the 600-700 nm wavelength range, AlGaAs light emitting diodes which emit light in the 800 nm wavelength range, and InGaAsP light emitting diodes which emit light in the 1000 nm wavelength range, so that wavelengths such as 630 nm, 780 nm, 850 nm, 880 nm, 1300 nm and 1550 nm can be made into usable wavelength regions from existing light sources.

On the other hand, the light receiving sensitivity of the light receiving devices 92, 94, . . . , 9n are made respectively different. For example, the light receiving sensitivity of the light receiving device 92 is given a sensitivity suited to receiving wavelengths of light emitted by the light emitting device 81, the light receiving device 94 is given a sensitivity suited to receiving wavelengths of light emitted by the light emitting device 94, and similarly the light receiving sensitivity of the light receiving device 9n is suited to received wavelengths of light emitted by the light emitting device 8m.

Signal mixing of the transmitted light can be prevented by means of the structure of the



---

light emitting devices and the light receiving devices. That is, while the light emitted from the light emitting device 81 passes through the body and reaches the light receiving devices 92, 94, . . . , 9n on the micromachine side, only the light receiving device 92 is able to receive the light emitted by the light emitting device 81 due to its light receiving sensitivity. Similarly, only the light receiving device 94 can receive light emitted from the light emitting device 83, and only the light receiving device 9n can receive light emitted from the light emitting device 8m. The other light receiving devices are not able to receive the light due to a type of filter from the light receiving sensitivity, and this prevents signal mixing.

Herebelow, the selection of wavelengths in the case of multiplexed communication for the micromachine communication device of the present invention shall be explained. Figs. 8 and 9 are wavelength characteristic diagrams of the micromachine communication device of the present invention. Fig. 8(a) is the spectrum of light emitted from the external communication device 7. In the drawing, wavelengths of the 800 nm range and wavelengths of the 1300 nm range are shown as two examples. When light of wavelengths in the 800 nm range and wavelengths in the 1300 nm range are emitted from the light emitting device 81 and the light emitting device 83, the two wavelengths reach the light receiving device 92. Here, when the light receiving sensitivity of the light receiving device 92 is taken to be the light receiving sensitivity of Si as shown in Fig. 8(b), then it is possible to make the wavelength received by the light receiving device 92 fall in the 800 nm range as shown in Fig. 8(c).

On the other hand, Fig. 9 shows the case of receiving light in the 1300 nm wavelength range. Fig. 9(a) is a spectrum of the light emitted from the external communication device 7 which sends light in the 800 nm wavelength range and the 1300 nm wavelength range as with Fig. 8(a). When light in the 800 nm wavelength range and in the 1300 nm wavelength range is emitted from the light emitting device 81 and the light emitting device 83, the two wavelengths reach the light receiving device 94. Here, if the light receiving sensitivity of the light receiving device 94 is made the light receiving sensitivity of InGaAs as shown for example in Fig. 9(b), then the wavelengths capable of being received by the light receiving device 94 can be made to be in the 1300 nm wavelength range.

As described above, by making the light receiving sensitivities of the light receiving devices different, it is possible to separate and select them even if light signals of different wavelengths simultaneously arrive at the micromachine communication device. Additionally, depending on the situation, it is also possible to separate and select wavelengths by using a wavelength-selective filter to improve the wavelength separation and selection characteristics. For example, this can be achieved by positioning a filter 100 in front of the light receiving device 9n as shown in Fig. 7.

The various functions of the micromachine can be controlled by means of the above-

---

described multiplexed communication. While the above-described multiplexed communication embodiment describes unidirectional communication, bidirectional communication is also possible. In this case, it is also possible to transmit various state signals or measurement signals from the micromachine side to the external communication device.

Fig. 10 shows another embodiment of a signal emitting portion of an external communication device. In the drawing, reference numeral 1 denotes an external communication device, 8 denotes an optical fiber cord and 9 denotes a radiator. In this embodiment, an optical fiber cord 8 is used in a portion of a light guide portion of the light emitting portion, and light is provided from the radiator 9 provided at the tip of the optical fiber cord 8.

According to the above-described structure, it is possible to more easily control the direction of light radiating from the external communication device 1. That is, the direction of the light beam 5 from the radiator 9 can be adjusted according to the position of the micromachine body 21 in the body and the direction of the orientation of the light receiving system 14 of the internal communication device 11 of the micromachine. The evaluation of the correctness of the direction of the above-mentioned radiated light can be made, for example, by measuring the strength of the signal sent from the micromachine.

The present invention is not restricted to the above-described embodiments, and while various modifications are possible based on the gist of the present invention, these are not to be excluded from the scope of the present invention.

### **Effects of the Invention**

As explained above, according to the present invention:

- (1) The range of possible activity of the micromachines is not restricted by wiring, so that the active positions and active distances can be improved.
- (2) Additionally, multiplexed communications with little risk of signal mixing enable the various functions of the micromachines to be driven without using multiple signal wires or complicated link mechanisms.
- (3) Wires which are directly connected to external equipment can be eliminated while retaining feedback with measurement systems.
- (4) The control and measurement signals of the micromachines can be transmitted without causing misoperation due to mixed signals, thereby ensuring a transmission system with high reliability.

---

(5) Bidirectional communication and multiplexed communication are made possible between the micromachine and external device.

## BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

- Fig. 1** A structural diagram showing a micromachine communication device according to the present invention.
- Fig. 2** A schematic transmission diagram of a micromachine communication device according to the present invention.
- Fig. 3** A use diagram of an endoscope using a conventional micromachine.
- Fig. 4** A section view of an endoscope using a conventional micromachine.
- Fig. 5** A structural diagram of an endoscope using a conventional micromachine.
- Fig. 6** A schematic diagram of bidirectional communication for a second embodiment of the micromachine communication device according to the present invention.
- Fig. 7** A schematic diagram of multiplexed communication for a third embodiment of the micromachine communication device according to the present invention.
- Fig. 8** A wavelength characteristic diagram of a micromachine communication device according to the present invention.
- Fig. 9** A wavelength characteristic diagram of a micromachine communication device according to the present invention.
- Fig. 10** Another embodiment of a signal emitting portion of an external communication device according to the present invention.

## Explanation of Reference Numbers

1, 6, 7 . . . external communication device; 2, 80 . . . control signal source; 3 . . . light source; 4 . . . optical system; 5 . . . light beam; 8 . . . optical fiber cord; 9 . . . radiator; 11, 16, 17 . . . internal communication device; 12, 90 . . . signal processing circuit; 13 . . . light receiver; 14 . . . optical system; 21 . . . micromachine body; 22 . . . actuator; 23 . . . propulsion device; 31 . . . medication ejector; 32 . . . valve; 33 . . . medication tank; 34 . . . capture/treatment device; 35 . . . sensor; 36 . . . sample taking device; 41 . . . outer wall of organism; 42 . . . inner wall of organism; 81, 83, 8m, 91 . . . light emitting

---

device; 82, 92, 94, 9n . . . light receiving device; 100 . . . filter